

DIMENSIONAMENTO MECÂNICO, FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE UM PROTÓTIPO DE MOTOR ELÉTRICO SUPORTADO POR MANCAIS MAGNÉTICOS

José Francisco Angelo Pedrosa Filho

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, jfpedrosa@predialnet.com.br

Roberto Firmento de Noronha

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, rnoronha@mec.uff.br

José Andrés Santisteban

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, jasl@mec.uff.br

Domingos de Farias Brito David

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, domingos@vm.uff.br

Resumo. *Um exemplo específico da presente evolução tecnológica, aplicada a máquinas rotativas, geralmente peças centrais do processo produtivo, são os mancais magnéticos. Estes são equipamentos eletro-mecânicos, capazes de manter em levitação o rotor da máquina, permitindo regime de funcionamento livre de qualquer contato mecânico. Entre outras vantagens, se comparado à aplicação de mancais de rolamento convencionais, pode-se destacar o auto-balanceamento, controle de vibração, alta velocidade de rotação e a principal delas que é a grande economia de energia devida à ausência de atrito. Com o intuito de dominar tal tecnologia e possibilitar o seu emprego nas indústrias nacionais, pesquisou-se e desenvolveu-se um protótipo de motor elétrico integralmente suportado por mancais magnéticos. Neste trabalho são apresentadas as considerações da engenharia mecânica relacionadas a este projeto, que envolve o dimensionamento e o desenho dos componentes, fabricação, montagem do conjunto e ajustes. Devido à grande precisão exigida nas dimensões e na geometria das peças, há a necessidade de especial atenção ao processo de fabricação.*

Palavras-chave: *mancais magnéticos, dimensionamento mecânico, montagem mecânica*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de meios eficientes de sustentação de rotores tem sido uma preocupação sempre presente desde a Revolução Industrial. Os dispositivos presentemente empregados são os mancais de rolamento e o hidrodinâmico, tendo como característica comum a ambos a grande quantidade de energia dissipada devida a diferentes formas de atritos internos. Com a evolução dos estudos nesta área de pesquisa, houve o desenvolvimento dos chamados mancais magnéticos de levitação, que tendem a substituir com vantagens os atuais mancais em algumas áreas de aplicação específicas.

Estes dispositivos, através de forças magnéticas, são capazes de manter o eixo da máquina levitando, ou seja, completamente livre de qualquer contato mecânico com componentes estáticos, reduzindo drasticamente as excessivas perdas causadas pela ação do atrito. O aumento no rendimento obtido por tal economia de energia é um dos principais atrativos para sua utilização nos

equipamentos mais modernos. Quando comparados às outras modalidades de sustentação, os mancais magnéticos ainda apresentam-se vantajosos em aspectos como: a obtenção de altas velocidades de rotação, a ausência de lubrificação permanente, auto-balanceamento, controle de vibração, alta confiabilidade e manutenção reduzida.

Tendo em vista essas características, uma linha de pesquisa em mancais magnéticos tem sido realizada na UFF. Ela teve início com o desenvolvimento de um primeiro protótipo, bastante simples, com um único mancal radial. Este visava a apropriação dos princípios básicos de funcionamento dos mancais magnéticos. Atualmente, está em desenvolvimento um segundo protótipo, cujo objetivo básico é o de alcançar um nível de desenvolvimento mais próximo de um produto final. Para tanto, considerou-se um sistema cujo rotor estivesse disposto na posição horizontal e que fosse mantido em total levitação, requerendo assim o controle sobre cinco graus de liberdade. Desta maneira, seria possível ponderar sobre aspectos eletromagnéticos, de controle e, em particular, da construção mecânica do sistema.

Decidiu-se adquirir um motor elétrico assíncrono, trifásico, de dois pólos (3450 rpm) e 2 HP (1500W) e analisar as alterações que se fariam necessárias para a inclusão de um novo sistema de sustentação no conjunto. Por se tratar de pesquisa interdisciplinar, os critérios de projeto deveriam atender tanto as exigências eletromagnéticas do mecanismo de sustentação quanto às questões mecânicas relativas à fabricação e montagem do protótipo. São apresentadas, neste trabalho, as considerações de engenharia mecânica relacionadas a este projeto, incluindo o dimensionamento e o desenho dos componentes, fabricação, montagem do conjunto e ajustes.

2. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

Motores elétricos de indução possuem a característica, de crucial importância para sua escolha, de não necessitarem do conjunto escovas-coletor para seu funcionamento. Desta forma, os únicos contatos do rotor com a carcaça são através dos mancais de rolamento. Da mesma forma que os mancais originais, fizeram-se necessários mancais magnéticos que suportassem esforços radiais e axiais causados pelo rotor. Assim, de cada lado do rotor do motor elétrico, foi previsto um mancal axial e um mancal radial, os quais, apesar de fisicamente integrados em um mesmo rotor, possuem funcionamento independente.

Os estatores dos mancais radiais possuem oito bobinas uniformemente distribuídas circunferencialmente em torno do eixo do motor. Cada par de bobinas, conectado em série, forma um par norte-sul de pólos magnéticos, conforme representado na Fig. (1a). Os pólos projetam o fluxo magnético no sentido radial a partir dos quadrantes vertical e horizontal da referida circunferência. Os estatores dos mancais axiais projetam o fluxo magnético no sentido axial do rotor do motor e são basicamente compostos por uma única bobina em torno do referido eixo.

A ação dos campos magnéticos gerados nos estatores dos mancais magnéticos radial e axial incide sobre uma única peça axissimétrica e concêntrica ao eixo do motor, o rotor do mancal magnético. Conforme já explicado, existe um rotor do mancal encaixado em cada extremidade do eixo do motor. As faces planas externas aos dois rotores dos mancais recebem a ação axial, enquanto as superfícies cilíndricas sofrem a ação radial.

Para cada rotor do mancal há dois pares de sensores de indução dispostos radialmente que ocupam os quadrantes horizontal e vertical. Cada um desses pares de sensores é capaz de captar pequenas variações no posicionamento radial do rotor e retornar ao controlador uma tensão proporcional a esses deslocamentos. Em função deste sinal de entrada, o controlador deverá enviar sinais às fontes de corrente, as quais, por sua vez, alimentarão as bobinas com a corrente elétrica necessária para fazer com que o rotor retorne à posição central. Essa descrição do funcionamento da malha de controle é representada na Fig. (1b). Tal raciocínio é análogo quando aplicado aos mancais axiais, exceto pelo uso de um único sensor de posicionamento axial.

Mesmo com os mancais magnéticos, se faz necessária a utilização de mancais de rolamento de segurança para evitar que o eixo, em alta rotação, entre em contato direto com os componentes estáticos do motor e dos mancais magnéticos. Estes rolamentos de forma alguma impedem a livre

movimentação axial e radial do eixo quando em perfeitas condições de funcionamento, apenas limitam seu curso, única e exclusivamente, nas situações de desligamento do sistema de sustentação ou nos casos de perda ou falha do controle sobre os mancais.

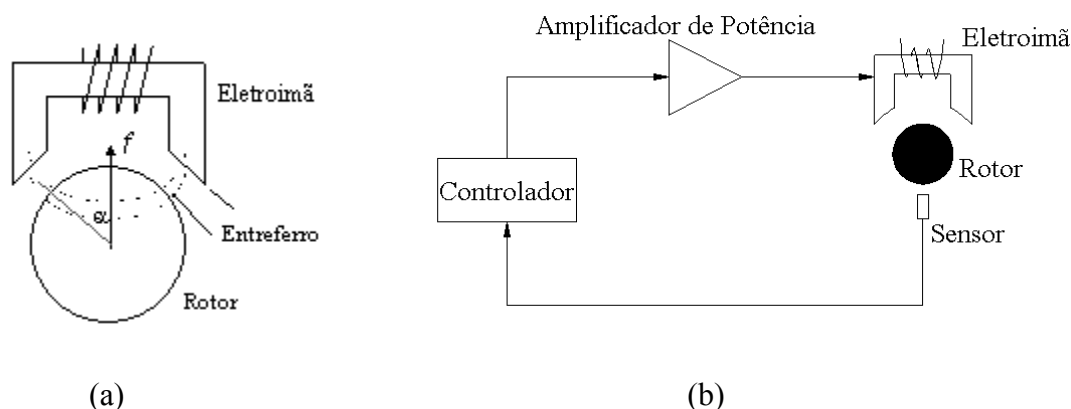


Figura 1. (a) Esquema de funcionamento das bobinas (b) Diagrama simplificado do sistema de controle

3. METODOLOGIA

Para o bom andamento do trabalho de adaptação do referido motor elétrico, foram seguidas as seguintes atividades:

- 1) Concepção e dimensionamento mecânico dos componentes;
- 2) Elaboração dos desenhos de fabricação;
- 3) Especificação e aquisição dos materiais a serem utilizados;
- 4) Acompanhamento da fabricação dos componentes;
- 5) Montagem e verificação do conjunto quanto a alinhamento e folgas;

4. CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO MECÂNICO

Foram realizadas inúmeras pesagens e aferições dimensionais no motor elétrico adquirido. As mais importantes e imediatas conclusões referentes ao rotor foram: o peso total de 3,105 kg, o diâmetro externo de $\varnothing 74,25$ mm, e a constatação que em uma das extremidades do eixo, o comprimento seria insuficiente para o acoplamento dos rotores dos mancais. A solução escolhida foi a de se fazer uma extensão naquela porção do eixo do rotor. A maior alteração viria nas duas novas tampas da carcaça do motor. Nelas ficariam alojados os estatores dos mancais magnéticos radiais e axiais, os dois pares de sensores de proximidade, e os rolamentos de segurança.

4.1 Dimensionamento dos Mancais Magnéticos

Seguindo uma sequência coerente, o dimensionamento partiu de algumas condições iniciais do projeto, tais como: ao diâmetro dos rotores dos mancais foi atribuído o mesmo diâmetro do rotor do motor ($\varnothing 74,25$) tal como sugerido por Schweitzer (1994) para facilitar a montagem mecânica; o entreferro de 0,45mm dos mancais magnéticos é função do alcance dos sensores que já se encontravam à disposição do grupo de pesquisa (Shinkawa, 1997). Com base nessas duas considerações, facilmente se obtém $\varnothing 75,15$ mm como o diâmetro interno dos estatores dos mancais radiais.

Recomendadas devido à alta permeabilidade magnética e relativa resistividade elétrica, foram utilizadas dez chapas de aço silício de grãos não orientados para a confecção dos mancais radiais. As características deste material foram obtidas das curvas de magnetização B-H, fornecidas pelo

fabricante (ACESITA, 2001). As demais dimensões, como espessura dos mancais e área do núcleo das bobinas, foram determinadas através do procedimento descrito por Chapetta et al. (2002). Para o caso descrito neste trabalho foram utilizados como dados de entrada: força máxima de 200N, $B_{\text{máx}}=1\text{T}$, fator de empilhamento $k=1,2$ e fio 21AWG com densidade de corrente máxima de $J=3\text{A/mm}^2$. Na foto da fig. (2a), é mostrado um dos estatores radiais, com o núcleo já fabricado e as bobinas colocadas.

O mancal magnético axial consiste em uma bobina contida em uma reentrância anular de um disco em aço carbono, conforme mostrado na foto da fig. (2b). Para o seu dimensionamento, realizado de acordo com os procedimentos de Chapetta et al. (2002), considerou-se o diâmetro externo igual ao do rotor, o diâmetro interno como suficiente para permitir a livre movimentação do eixo do motor, uma força magnética suficiente para manter o rotor em sua posição axial e o mesmo fio utilizado nos mancais radiais. A partir destes dados foi feito o dimensionamento da bobina axial, obtendo, entre outras, a espessura externa dos mancais axiais. As bordas interna e externa da face do mancal axial possuem a mesma área para equalizar os fluxos magnéticos oriundos da bobina.



(a)



(b)

Figura 2. Fotos dos estatores, já fabricados, (a) radial, (b) axiais

4.2 Concepção e Dimensionamento dos Rotores dos Mancais e Alterações no Eixo

O rotor dos mancais é constituído por discos furados, que são encaixados sobre uma peça em aço carbono, a qual foi denominada *carretel*, que inclui, por sua vez, a face externa dos rotores. O disco mais externo, em seguida à face do carretel, é em aço inoxidável austenítico e compreende a região na qual os sensores radiais irão atuar. Encostado neste, há um fino disco de alumínio cuja função é afastar, de acordo com as especificações do fornecedor dos transdutores (Shinkawa, 1997), a região dos sensores, que são indutivos, da região de atuação das bobinas radiais. Esta última é formada por um conjunto de chapas de aço silício que devem, na montagem, ficar exatamente alinhados ao estator do respectivo mancal radial. Para dar firmeza ao conjunto, uma arruela em aço carbono recebe o aperto de uma porca roscada no carretel.

Para o alongamento do eixo, feito em aço 1045 devido à sua maior resistência, rejeitou-se a utilização de solda para evitar empenos causados pelo calor. Optou-se por fazer a emenda através de uma união roscada, a fêmea foi aberta no eixo original e o macho usinado na extensão a ser adicionada. Dado que o eixo não sofre esforços de torção e nem vibrações, não há grande risco da rosca se soltar. Entretanto, para garantir maior firmeza, foram tomadas duas precauções: a colocação de cola especial para aços na rosca e o posicionamento da emenda sob um dos rotores dos mancais, encaixado sob pressão no eixo.

Como já observado anteriormente, as folgas axiais e radiais entre eixo e rolamentos de segurança devem ser maximizadas para permitir maior liberdade ao eixo, entretanto, sem ultrapassar o já reduzido entreferro entre estatores e rotores dos mancais. Considerou-se que o valor

de 0,35mm é bastante razoável para ser atribuído à folga entre eixo e rolamentos. Por se estar trabalhando com tolerâncias extremamente reduzidas em um sistema de grande complexidade, optou-se por fixar no eixo luvas em aço carbono nas regiões referentes aos rolamentos de segurança, e nelas realizar a usinagem de precisão, evitando assim danos permanentes ao eixo motor.

O sensoriamento da posição axial do rotor é também realizado por um transdutor indutivo que, assim como os demais, deve ser necessariamente posicionado sobre uma superfície de aço inoxidável com dimensões específicas. Utilizou-se o mesmo procedimento de união por rosca para fixar uma extremidade de inox à uma das pontas do eixo.

Um desenho do rotor completo, com as cotas determinadas após as considerações relatadas acima, é apresentado na fig. (3).

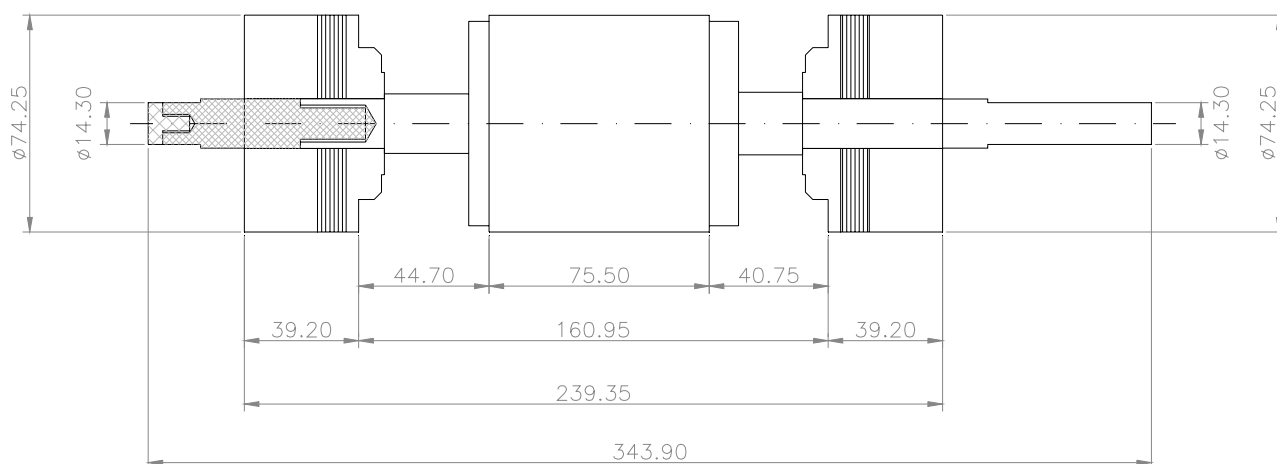


Figura 3. Componentes do rotor completo

4.3 Dimensionamento das Tampas da Carça

As tampas, mostradas na fig. (4), foram concebidas com base nas medidas da carça do motor, dos mancais radiais e axiais, do rotor dos mancais, dos rolamentos de segurança, dos sensores, das folgas de funcionamento e prevendo, ainda, furações para passagem dos fios e fixação dos elementos. Todos os componentes presentes nas tampas exigem grande precisão no posicionamento relativo entre eles próprios e também em relação à carça e aos rotores.

O ponto de partida para o dimensionamento foi o perfeito encaixe das tampas na carça e em seguida o posicionamento do mancal radial na tampa. O segundo ponto foi, mantendo-se o alinhamento entre os estatores radiais e as regiões de aço silício dos rotores dos mancais, considerar o entreferro de 0,45mm e, logo em seguida, posicionar a face da bobina do mancal axial. Da mesma forma, os sensores radiais devem estar axialmente posicionados dentro da região de aço inox do rotor dos mancais.

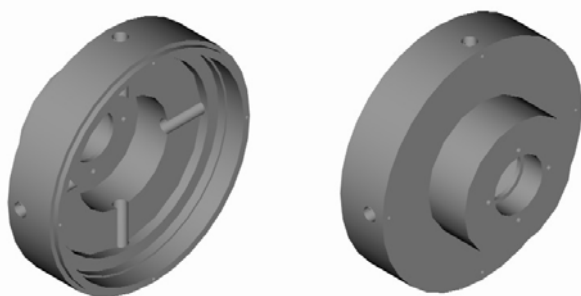


Figura 4. Perspectivas das novas tampas do motor.

Passa-se então para a localização dos rotores dos mancais em relação ao eixo do motor, porém, é necessário que o rotor e o estator do motor elétrico estejam absolutamente alinhados. A modelagem computacional realizada em AutoCAD®, como exemplificado nas fig. (5), ajudou bastante nesta etapa. Inserindo as medidas dos componentes já dimensionados, como carcaça, estatores e rotores magnéticos, pôde-se posicionar corretamente os rotores e ainda prever possíveis falhas e interferências na montagem.

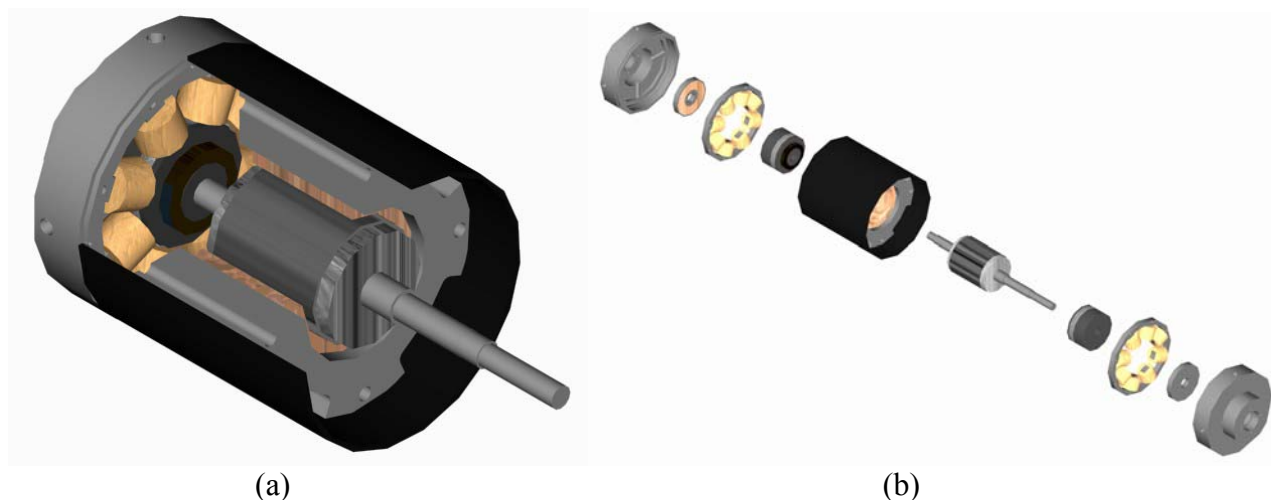


Figura 5. Desenhos de conjunto em perspectiva, (a) meio corte, (b) explodida

5. FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES

Esta etapa foi a mais delicada do projeto, pois, devido às tolerâncias reduzidas e à grande precisão dimensional e geométrica necessárias, exigiu muita habilidade e perícia durante o processo de fabricação. Todos os componentes mecânicos utilizados no protótipo foram integralmente confeccionados no Laboratório de Tecnologia Mecânica da UFF.

Os mancais radiais, mostrados na Fig. (1a), foram as primeiras peças a serem fabricadas. Por consistirem em “aglomerados” de chapas, foi necessário que se construísse um suporte que as agregasse para impedir que alguma delas viesse a se “desprender” e acabasse empenando no momento da usinagem. Durante o processo de fabricação, além das dimensões, cuidou-se para que todas as regiões usinadas estivessem perfeitamente centradas.

Em seguida, também com os mesmos cuidados, foram confeccionados os mancais axiais, apresentados na Fig. (1b). Os dois pares de mancais, depois de prontos, foram enviados para que se pudesse realizar o enrolamento das bobinas, de modo a ficarem perfeitamente ajustadas e adaptadas aos estatores dos mancais.

Passou-se então para a etapa de fabricação dos rotores. Cada um de seus discos componente foi feito em separado e, somente depois, unidos e montados sobre o carretel, deixando, entretanto, cerca de 1mm de sobremetal no diâmetro externo. O último passe de acabamento foi executado somente após os rotores estarem montados no eixo, assegurando dessa forma uma boa concentricidade entre os rotores e o eixo do motor.

Devido à grande quantidade de regiões a serem centradas e ajustadas a outros componentes, as tampas foram as peças que tiveram o processo de fabricação mais trabalhoso do conjunto. Para que as tampas estivessem absolutamente centradas, todo o processo ocorreu sem que o material bruto fosse retirado da máquina ferramenta, e como todos os demais componentes que deveriam se ajustar à tampa já estavam prontos, o encaixe pôde ser realizado com precisão. Na Fig. (6), são mostrados as tampas e os demais componentes, fabricados e montados.

Mais uma preocupação com as tampas se referiu aos furos dos sensores, pois estes deveriam ser exatamente ortogonais entre si e perfeitamente localizados sobre a linha diametral, dado que

qualquer irregularidade poderia fornecer dados de entrada incorretos ao controle, fazendo com que todo o sistema trabalhasse fora do planejado. Além disso, os furos para passagem dos tirantes deveriam estar defasados a 45° em relação aos furos dos sensores, para garantir que na montagem, as tampas além de paralelas, estivessem exatamente alinhadas na vertical.



Figura 6. Foto de conjunto das peças, com os estatores, radial e axial, montados na tampa esquerda, o rolamento de segurança na da direita e os rotores dos mancais montados no eixo do motor. No centro, tampa auxiliar para o sensor contador de rotação.

6. MONTAGEM E AVALIAÇÃO DO CONJUNTO

À medida que cada uma das peças ficava pronta, várias medições eram realizadas, não só para se verificar se estas estavam de acordo com o especificado, mas também se as folgas eram preservadas. Houveram algumas situações em que dimensões, importantes para a montagem, extrapolaram em poucos décimos de milímetro as tolerâncias exigidas. Nesses casos, o modelo computacional foi atualizado para que pudesse exprimir a nova realidade, e fosse possível, assim, analisar as consequências e as modificações de projeto que deveriam ser realizadas.

Finalmente, após todos os componentes prontos, passou-se à montagem e à análise do conjunto. É importante destacar que, a cada novo processo de montagem, eram tomados cuidados especiais com a limpeza das peças para se evitar que pequenos detritos interferissem na precisão da montagem.

Somente após a fabricação da extensão do eixo e o devido encaixe dos rotores, foi realizado o passe de acabamento nos rotores dos mancais para assegurar a concentricidade com o eixo. Todos os encaixes, como rolamentos e estatores dos mancais, ficaram corretamente ajustados às tampas, que por sua vez, também se adaptaram perfeitamente à carcaça do motor. Para se homogeneizar o aperto das tampas, foi utilizado torque de aperto de 15Kg.cm nos quatro tirantes de fixação. Desta forma assegura-se o bom assentamento das tampas e o paralelismo entre elas.

A precisão dimensional, sem sombra de dúvida, foi o aspecto que mais demandou atenção e trabalho durante a fabricação e a montagem. Exemplificando: a distância entre as faces externas dos rotores estava prevista em 239,35mm, entretanto, após cuidadosa montagem, foi aferida em 239,10mm. Essa diferença representa um pequeno erro de -0,1%, por outro lado, aumentou significativamente em 28% a folga axial. Ressalta-se que tal erro é oriundo da sobreposição das

inúmeras dimensões que afetam diretamente a folga axial. De modo a minimizar tais inconvenientes, os mancais axiais foram assentados sobre discos espaçadores de alumínio, que serviram para recalibrar o entreferro axial.

Pela forma construtiva do protótipo, seria impossível realizar diretamente medições internas no motor fechado. O método utilizado para aferir o entreferro radial foi utilizar buchas que eliminassem a folga entre o eixo e os rolamentos de segurança e, gradativamente, reduzir seu diâmetro externo e verificar para qual valor haveria contato entre rotores e estatores. Estas mesmas buchas serviram também de gabarito para o preciso dimensionamento dos batentes axiais. Desta forma, assegurou-se a precisão e a eficiência funcional das luvas dos rolamentos de segurança.

A aferição da folga axial foi mais fácil, bastando posicionar um relógio comparador, de 0,01mm de resolução, em uma das extremidades do eixo e movimentá-lo manualmente nos dois sentidos. Entretanto, para garantir que a folga estivesse igualmente dividida entre os entreferros axiais, foi colocada uma lâmina de exatos 0,45mm de espessura para anular o entreferro de um dos mancais e, através de análise visual, verificar o alinhamento do rotor com estator do motor. Se necessário, ainda poderia se realizar o ajuste fino da folga através das já citadas arruelas espaçadoras.

7. RESULTADOS OBTIDOS

A primeira análise foi verificar a distribuição de peso do rotor completo e determinar as forças necessárias para mantê-lo em levitação. Com o auxílio de um balança de precisão e suportes com a mesma espessura das regiões de aço silício, determinou-se a reação ao peso em cada um dos mancais radiais. A maior força encontrada foi 2,715kgf, para um peso total de 5,310kgf e estão dentro do previsto.

Procedendo como apresentado anteriormente, conseguiu-se que a folga axial total desejada de 0,90mm ficasse igualmente distribuída em 0,45mm de entreferro em cada um dos estatores axiais, porém limitada pelas luvas em 0,80mm, para preservar 0,10mm de folga de segurança entre a face externa do rotor e a face do mancal axial. Para a folga radial, utilizando buchas de diferentes diâmetros externos, que variaram de $\varnothing 16,30\text{mm}$ (folga radial teórica máxima) até $\varnothing 17,00\text{mm}$ (sem folga, eixo fixo aos rolamentos de segurança), obteve-se entreferro radial de 0,45mm.

Os entreferros radiais, devido a alguns complicadores durante a montagem, precisaram ser aumentados em 0,05mm. Esta pequena variação em nada afetou o funcionamento do protótipo, dado que estes novos valores ainda encontravam-se dentro dos critérios adotados no início do projeto. Mais uma vez, o procedimento utilizado para assegurar os fins de curso mostrou-se válido, agora para os mancais radiais. O rotor possui 0,40mm de folga radial para movimentar-se livremente, sob a ação das forças dos mancais magnéticos, e ainda uma margem de 0,10mm entre os componentes rotativos e estáticos quando apoiado nos rolamentos de segurança.

Com o auxílio de gabaritos que simulam o comportamento dos rotores dos mancais, foi realizada meticulosa calibragem e então levantada a curva de saída dos sensores de posicionamento, conforme apresentado na figura 7.

8. CONCLUSÃO

Foi descrito todo o trabalho realizado para a concepção, o dimensionamento mecânico, a fabricação e a montagem de um conjunto de mancais magnéticos para modificar a suportaçã de um motor elétrico. O protótipo, apesar de fabricado com extrema precisão e possuir componentes delicados, tem apresentado uma robustez adequada, pois tem suportado inúmeros ciclos de montagem e desmontagem sem ter perdido a precisão nos acoplamentos. Em termos mecânicos, é com grande satisfação que se analisou os resultados obtidos após completa montagem e se ter constatado que o protótipo está rigorosamente em conformidade com o projeto.

Presentemente, o protótipo se encontra montado, conforme mostrado na Fig. (8a), e em fase de conexão com as fontes de corrente, Fig. (8b), que serão utilizadas para o acionamento dos mancais magnéticos. A seguir, os controladores serão implementados digitalmente.

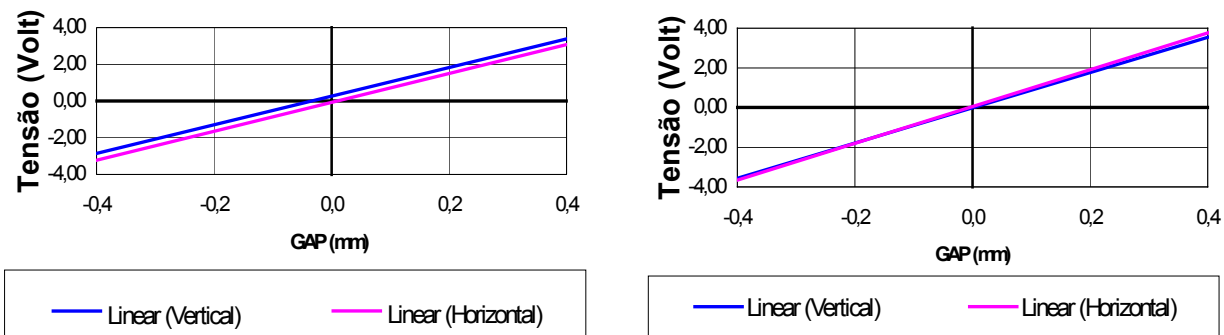


Figura 7. Curvas de resposta dos sensores de proximidade, montados na tampa esquerda, à esquerda, e na tampa direita, à direita.



(a)



(b)

Figura 8. (a) Foto do protótipo montado, com as caixas dos condicionadores dos sensores de proximidade e o *display* do termômetro das bobinas. (b) Conjunto de fontes de corrente a serem utilizadas no acionamento dos mancais magnéticos do protótipo.

Quanto aos testes de funcionamento, prevê-se inicialmente a realização de testes estáticos com o eixo levantado, para determinar as forças que estão sendo geradas pelos mancais em função do posicionamento do eixo, e as correntes requeridas. A resposta a cargas laterais também deverá ser levantada. Em seguida, com o auxílio de um inversor, serão determinadas as respostas dinâmicas, com o motor em diferentes velocidades de rotação, com ou sem cargas laterais.

9. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte, na forma de bolsas, recebido do CNPq e do UNIBANCO.

10. REFERÊNCIAS

- ACESITA, www.acesita.com.br, página da Internet.
Autodesk®, “AutoCAD2000® – User’s Manual”, 2000.
Chapetta, R.A., Santisteban, J.A., Noronha, R.F., 2002, “Mancais Magnéticos – Uma Metodologia de Projeto”, Anais do CONEM, Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Natal-RN.

Schweitzer, G., Bleuler, H. and Traxler, A., 1994, "Active Magnetic Bearings", v/dlf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Suíça.
Shinkawa, 1997, "Shinkawa Sensors Catalog", Japão

11. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho

MECHANICAL DESIGN, FABRICATION AND MOUNTING OF A MAGNETICALLY BORNE ELECTRICAL MOTOR PROTOTYPE

José Francisco Angelo Pedrosa Filho

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, jfpedrosa@predialnet.com.br

Roberto Firmento de Noronha

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, rnoronha@mec.uff.br

José Andrés Santisteban

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, jasl@mec.uff

Domingos de Farias Brito David

PGMEC, UFF, r. Passo da Pátria 156, Niterói/RJ, 24210-240, domingos@vm.uff.br

Abstract. *A specific example of the present technological evolution, applied to rotating machines, which generally are the main equipment of a production plant, is the magnetic bearing. This is an electro-mechanical device capable of maintaining the machine rotor magnetically levitated. Besides allowing for a contactless working condition, resulting in a system without mechanical wear, the magnetic bearing presents other advantages, such as self-balancing, vibration control, self-monitoring, and high operation speed, with high reliability and reduced maintenance. It should be realized that, due to the absence of friction, it is an energy saving device. This is perhaps the main reason for its utilization in new equipment. In order to gain a better understanding of this technology, a prototype of an integrally levitated electrical motor is being developed. The mechanical engineering considerations related to this task, which involves component design and drawing, fabrication, mounting and adjusting are presented in this work. Due to the high precision required on the dimensions and on the geometry of the parts, great attention has to be given to the fabrication process.*

Keywords: *magnetic bearings, mechanical design, mechanical mounting*